Tijdschrift van het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
DEEL 31 Nr. 3 1966

Coding for additive noise channels with feedback

by J. P. M. Schalkwijk

Summary

This article is a short survey of my doctoral dissertation, Stanford University, August 1965. Two new coding schemes, both using information feedback, are developed. The WB coding scheme achieves capacity for the white gaussian noise channel and the BL coding scheme achieves capacity for the bandlimited white gaussian noise channel. The latter scheme is the first code known to achieve the theoretical bound on communication for the bandlimited white gaussian noise channel, since this capacity was derived by Shannon in 1948.

It is known that noiseless feedback does not increase the information capacity of the memoryless forward channel; however, the feedback channel may greatly reduce the coding effort, as will be shown. The codes discussed are expected to be of great interest for deep space communication purposes.

Introduction

The channel considered is represented in Fig. 1. A signal waveform $s(t)$ is transmitted, and the receiver obtains a noisy observation $y(t) = s(t) + n(t)$, where in our case $n(t)$ represents

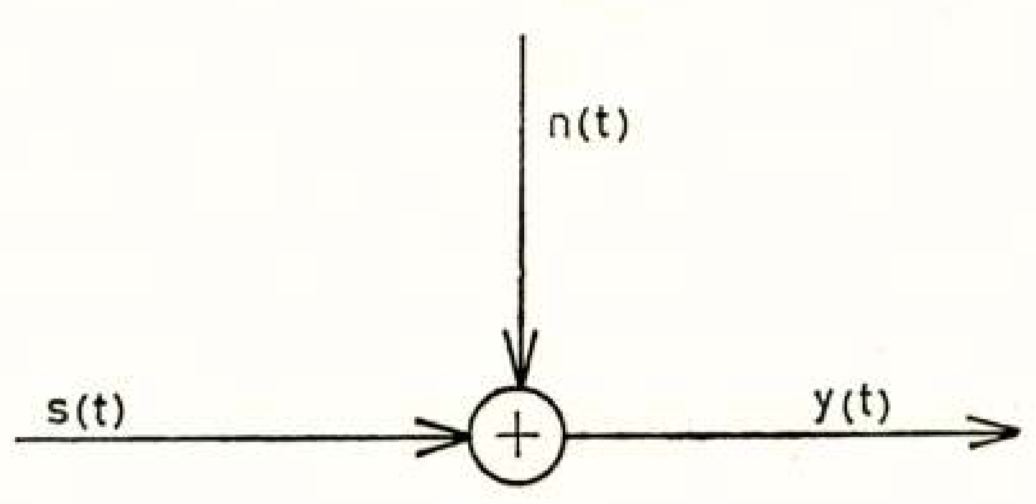


Fig. 1
The additive noise channel

a sample function of a white gaussian noise process. In the author's thesis it is shown that using the type of modulation to be discussed presently, this channel is equivalent to a time discrete channel where a sequence $< F(X_i) >$ of „numbers" is sent. The receiver obtains a sequence $< Y_i(X_i) >$, where $Y_i(X_i) = F(X_i) + Z_i$, $i = 1, 2, 3, \ldots$ The Z_i's are independent gaussian random variables with mean zero and variance $\sigma^2 = N_0/2$, where $N_0/2$ is the (double sided) spectral density of the white noise $n(t)$. Furthermore the transmitted energy is equal to

$$\sum_{i=1}^{t/\triangle} F^2(X_i), \text{ where } \triangle \text{ is the time unit.}$$

The modulation scheme referred to above is as follows. The transmitted signal is

$$s(t) = \sum_{i=1}^{t/\triangle} F(X_i)\, \Phi(t - i\triangle), \text{ where } \Phi(t) \text{ is some}$$

basic waveform satisfying the orthonormality condition

$$\int \Phi(t - i\triangle)\, \Phi(t - j\triangle)\, dt = \begin{cases} 0 \text{ if } i \neq j \\ 1 \text{ if } i = j \end{cases};$$

the integral extends over all values of t for which the integrand is different from zero.

A basic waveform satisfying the orthonormality condition above is

$$\Phi(t) = \sqrt{2W}\, \frac{\sin 2\pi Wt}{2\pi Wt}, \text{ for } \triangle = 1/(2W). \text{ As is well known}$$

$\Phi(t)$ has bandwidth W.

The WB (wideband) coding scheme

Suppose one wants to communicate one of M possible messages to a receiver. A noiseless feedback channel is available. Divide the unit interval (of the real line) into M disjoint equal length message intervals. The message point is the midpoint of the message interval corresponding to the particular message being transmitted. The coding procedure is presented in fig. 2.

Start out with an arbitrary value X_1 known to both transmitter and receiver. The general transmission is $F(X_n) = X_n - \Theta$. The receiver obtains $Y_n(X_n) = F(X_n) + Z_n$, and computes $X_{n+1} = X_n - (1/n)\, Y_n(X_n)$. X_{n+1} is sent back to the transmitter via the error free feedback path. It is easy to verify that one

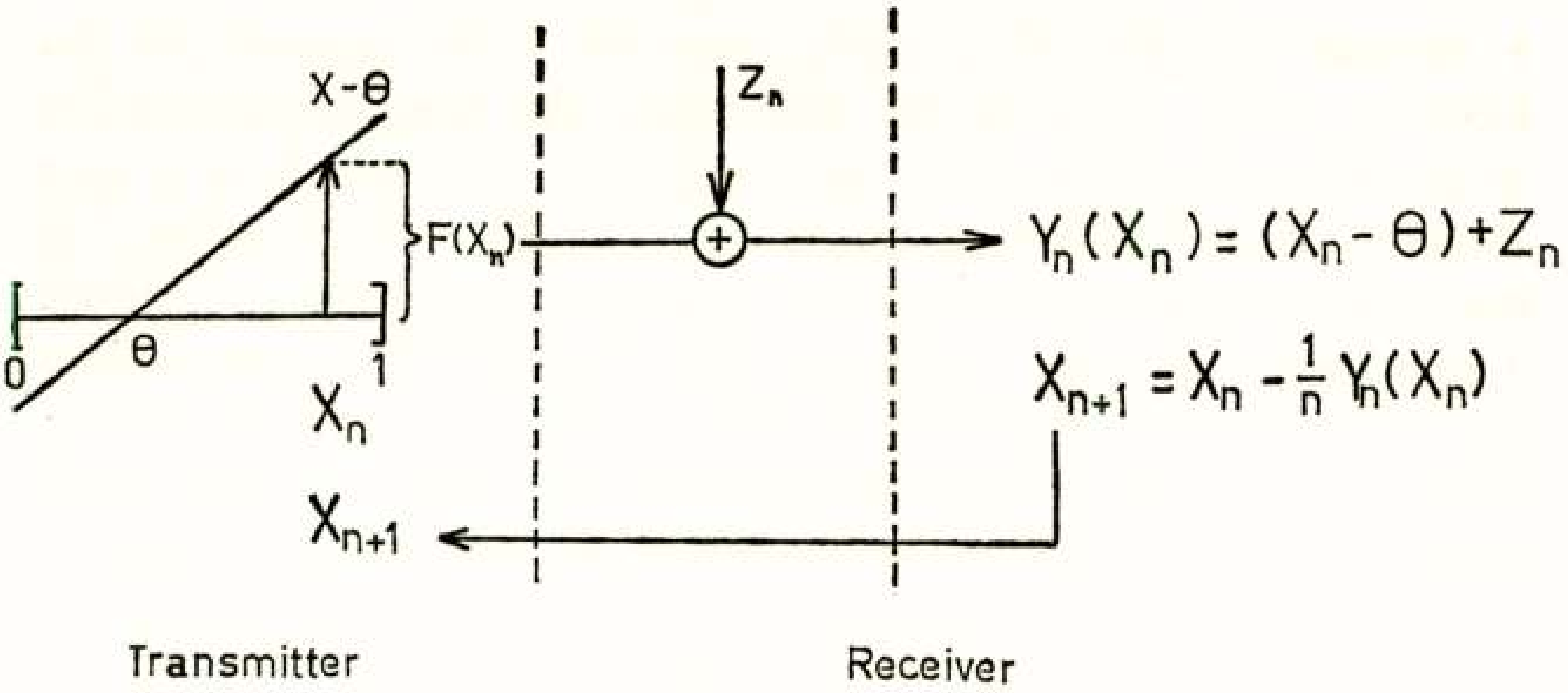


Fig. 2
The WB coding scheme

gets $X_{n+1} = \Theta - (1/n) \sum_{i=1}^{n} Z_i$, i.e. X_{n+1} is normally distributed with mean Θ and variance σ^2/n, $X_{n+1} \sim N(\Theta, \sigma^2/n)$.

Now suppose that N iterations are made before the receiver makes its decision as to which of the M messages was sent. What is the probability of error? The situation is presented in fig. 3. After N iterations $X_{N+1} \sim N(\Theta, \sigma^2/N)$. The length of

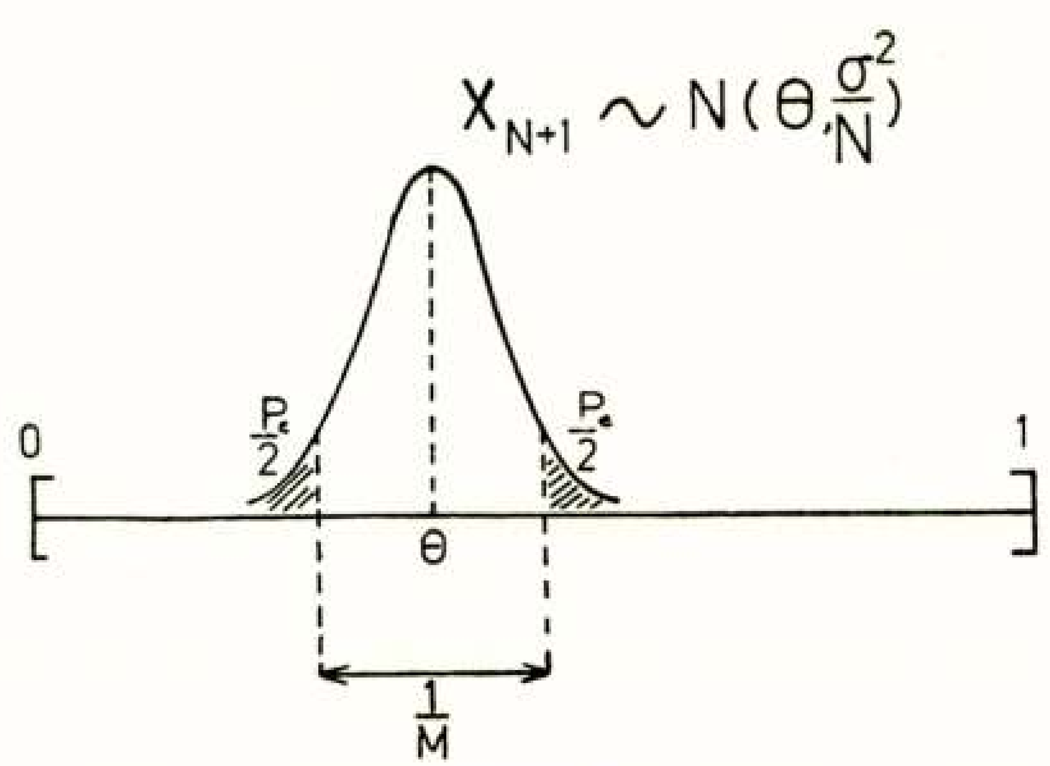


Fig. 3
Derivation of the error probability

the message interval is $1/M$. Hence, the probability of X_{N+1} lying outside the correct message interval is

$$P_e = 2 \operatorname{erfc}\left(\frac{1/2\,M}{\sigma/\sqrt{N}}\right).$$

How large can one choose M in order for the probability of

error to vanish for increasing N? The distribution in fig. 3 squeezes in at a rate $1/\sqrt{N}$ (this being the standard deviation). Therefore if we make $1/M$ decrease at a rate slightly less than $1/\sqrt{N}$ we shall be able to „trap" the gaussian distribution within the message interval and thus make the probability of correct detection go to unity. S_o, let us set

$$M(N) = N^{\frac{1}{2}(1-\varepsilon)},$$

then the probability of error will be $P_e = 2\,\mathrm{erfc}\left(N^{\frac{\varepsilon}{2}}/(2\,\sigma)\right)$ and as $N \to \infty$ we shall have

$$\lim_{N\to\infty} P_e = \begin{cases} 0 \text{ for } \varepsilon > 0\,, \\ 1 \text{ for } \varepsilon < 0\,. \end{cases}$$

The critical rate determined by $\varepsilon = 0$ will be

$$R_{crit} = \left[\frac{\ln M(N)}{T}\right]_{\varepsilon=0} = \frac{\ln N}{2\,T} \text{ nats/sec}\,.$$

In order to keep R_{crit} finite as $T \to \infty$, N must grow exponentially with T. Thus, setting $N = e^{2AT}$, with A = a constant, gives $R_{crit} = \dfrac{\ln N}{2\,T} = A$ nats/sec.

Now what prevents us from choosing A arbitrarily large and thereby achieving an arbitrarily high rate of error-free transmission? The answer is that A is limited by the average power constraint P_{av}, which has not as yet been taken into account. The effect of P_{av} on A can be seen by calculating the average transmitted power with the proposed scheme. The transmitted power will depend upon the additive noise Z. Therefore, using $E(.)$ to denote averaging over the noise process gives

$$P_{av} = \frac{1}{T} E\left[(X_1 - \Theta)^2 + \sum_{i=1}^{N-1} (X_{i+1} - \Theta)^2\right].$$

Now $T = (1/2\,A) \ln N$, and assuming a uniform prior distribution for the message point Θ, $E(X_1 - \Theta)^2$ will be $1/12$. Moreover, since $E(X_{i+1} - \Theta)^2 = \sigma^2/i$, substitution in the formula for the average power leads to

$$P_{av} = \frac{2\,A}{\ln N}\left(\frac{1}{12} + \sigma^2 \sum_{i=1}^{N-1} \frac{1}{i}\right).$$

Therefore $\lim_{N\to\infty} P_{av}(N) = 2\sigma^2 A = N_0 A$ or $A = \dfrac{P_{av}}{N_0}$ and thus A is constrained to P_{av}/N_0 and the critical rate becomes

$$R_{crit} = A = \frac{P_{av}}{N_0} \text{ nats/sec}.$$

From the above it is seen that the *WB* coding scheme presented here achieves channel capacity.

The BL (Bandlimited) coding scheme

In the previous scheme, in order to obtain a constant rate, one had to make $N = e^{2AT}$ iterations in T seconds. Suppose the transmitted signals have bandwidth W, then the number of iterations is at most equal to the number of degrees of freedom. The number of degrees of freedom of a waveform of bandwidth W and duration T is approximately equal to $2\,WT$. Putting $N = 2\,WT$, one abtains $W = (1/2\,T)e^{2AT}$. Since A is asymptotically equal to C, as was shown in the last section, one has $W \sim (1/2T)e^{2CT}$. Thus $\lim_{T\to\infty} W(T) = \infty$.

Suppose now that there is a bandwidth constraint on the transmission so that no more than about $N = 2WT$ transmissions can be done in T seconds. Using the *WB* coding scheme discussed in the last section the critical rate will be

$$R_{crit} = \frac{\ln N}{2T} = \frac{\ln 2\,WT}{2T} \text{ nats/sec}.$$

Hence, $R_{crit} \to 0$ with increasing T, and thus the system discussed in the last chapter has to be modified in order to achieve a constant rate different from zero in the bandlimited case.

Two useful observations can be made at this point. First, while the critical rate approaches zero when one takes $2\,W$ iterations per second the asymptotic relation $R_{crit}(T) \approx P_{av}(T)/N_0$ is still valid. In other words, both the rate and the average power approach zero for increasing T. The limit of their ratio, however, is equal to the constant N_0. The second observation is that X_{N+1} can be looked at as the maximum likelihood estimate of Θ having observed $Y_1(X_1)$ through $Y_n(X_n)$, and assuming gaussian noise. Retaining the maximum likelihood pro-

perly but making up for the transmitted power in order to make the expected power per transmission a constant leads to the BL coding scheme.

Transmissions take place at integer values of time, the time unit being $\Delta = 1/(2W)$. For the basic waveform one might use for example $\Phi(t) = \sqrt{2W}\,\frac{\sin 2\pi Wt}{2\pi Wt}$. The iterative relations are now as follows.

At the transmitter:

1. Divide the unit interval [0,1] into M disjoint message intervals of equal length. Let Θ be the midpoint of the message interval corresponding to the particular message to be transmitted.
2. At instant one, transmit $a(X_{11} - \Theta)$, where $X_{11} = 0.5$ and a is some constant to be determined later.
3. In general transmit $a^{i-1}(a^2 - 1)^{\frac{1}{2}}(X_{i1} - \Theta)$ for $i = 2, 3, \ldots$

At the receiver:

1. Receive $Y_{11}(X_{11}) = a(X_{11} - \Theta) + Z_{11}$, where Z_{11} is as before a gaussian random variable white mean zero and variance $\sigma^2 = \frac{N_0}{2}$.
2. Compute $X_{12} = X_{11} - a^{-1} Y_{11}(X_{11})$, then set $X_{21} = X_{12}$ and send X_{21} back to the transmitter.
3. In general receive

   $$Y_{i1}(X_{i1}) = a^{i-1}(a^2 - 1)^{\frac{1}{2}}(X_{i1} - \Theta) + Z_{i1}$$

   and compute

   $$X_{i2} = X_{i1} - [a^{i-1}(a^2 - 1)^{\frac{1}{2}}]^{-1}\, Y_{i1}(X_{i1})$$

   and

   $$X_{i+1,1} = \frac{X_{i1} + (a^2 - 1)X_{i2}}{a^2}.$$

The maximum likelihood estimate $X_{i+1,1}$ is normally distributed with mean Θ and variance $\sigma^2/(a^2)^i$, that is, $X_{i+1,1} \sim N\left[\Theta, \frac{\sigma^2}{(a^2)^i}\right]$.

From this point on the analysis is very similar again to that of the last section. The probability of the receiver deciding on

the wrong message interval (i.e., the probability of X_{N+1} lying outside the correct interval) is:

$$P_e = 2\,\mathrm{erfc}\left(\frac{\frac{1}{2}M^{-1}}{\sigma/a^N}\right).$$

Now pick $M = a^{N(1-\varepsilon)}$, that is, $R = (\ln M)/N = (1 - \varepsilon) \ln a$, nats/dimension (the time unit was $1/(2W)$ sec). This gives for the probability of error

$$P_e = 2\,\mathrm{erfc}\left(\frac{a^{N\varepsilon}}{2\sigma}\right)$$

and thus

$$\lim_{N\to\infty} P_e(N, \varepsilon) = \begin{cases} 0 \text{ for } \varepsilon > 0, \\ 1 \text{ for } \varepsilon < 0. \end{cases}$$

In other words the critical rate is equal to $R_{crit} = \ln a$, nats/dimension. Putting $a = e^A$ gives $R_{crit} = A$.

Next let us derive an expression for the average power, P_{av}.

$$P_{av} = \frac{1}{T} E\left\{a^2 (X_{11} - \Theta)^2 + \sum_{i=2}^{N} \left[a^{i-1} (a^2 - 1)^{\frac{1}{2}}\right]^2 \left(X_{i,1} - \Theta\right)^2\right\} =$$

$$= \frac{1}{T}\left\{a^2 E(X_{11} - \Theta)^2 + \sum_{i=2}^{N} \left[a^{i-1} (a^2 - 1)^{\frac{1}{2}}\right]^2 \frac{\sigma^2}{(a^2)^{i-1}}\right\}.$$

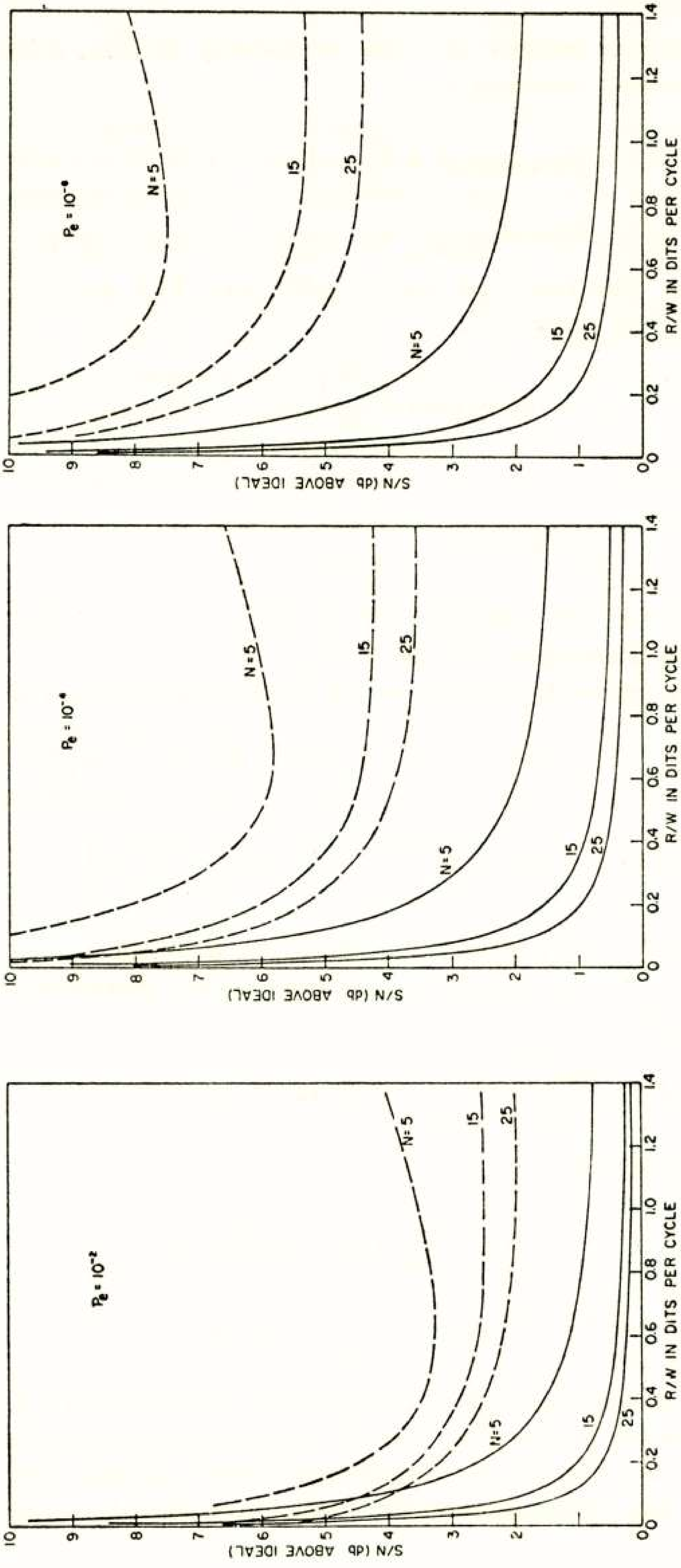
Substituting $T = N/(2W)$ sec, $\sigma^2 = N_0/2$, $a = e^A$, and $E(X_{11} - \Theta)^2 = 1/12$ (assuming a uniform prior distribution for Θ), one gets

$$P_{av} = \frac{We^{2A}}{6N} + \frac{N-1}{N} N_0\, W (e^{2A} - 1).$$

Hence, asymptotically,

$$R_{crit} \begin{cases} A = \frac{1}{2} \ln\left(1 + \frac{P_{av}}{N_0 W}\right) \text{ nats/dimension, or} \\ 2WA = W \ln\left(1 + \frac{P_{av}}{N_0 W}\right) \text{ nats/sec}, \end{cases}$$

which is the channel capacity as computed by Shannon (B.S.T.J., 1948). This result proves that the BL coding system presented here *achieves capacity for the bandlimited white gaussian noise channel.* It is the first deterministic coding procedure to do so.



a. $P_e = 10^{-2}$

b. $P_e = 10^{-4}$

c. $P_e = 10^{-6}$

Fig. 4

The additional signal-to-noise ratio required when using a finite coding delay

Conclusions

As already mentioned in the summary the information capacity in the forward direction is not increased by the information feedback. What then is the justification for information feedback? The answer to this question is that the coding complexity is greatly reduced.

Consider the *WB* coding scheme. Orthogonal codes are known to achieve channel capacity for the white gaussian noise channel. As a simple example if $C = 1$ bit/sec, $R = 0.8$ bit/sec, and $P_e = 10^{-7}$ is desired, the orthogonal coding scheme requires a coding delay $T = 2031$ sec, while the *WB* coding scheme only requires $T = 15$ sec.

The performance of the *BL* coding scheme as compared with one-way communication is shown in fig. 4. Slepian (B.S.T.J., 1963) plotted bounds on the performance for one-way communication. The dashed curves in fig. 4 show Slepian's bounds on one-way communication as the additional signal-to-noise ratio required above Shannon's capacity formula. The solid curves apply for the *BL* coding scheme and are exact, that is, not bounds as are Slepian's. The parameter N is the coding delay in time units $1/(2W)$.

Concluding, it should be mentioned that the case of feedback has been considered in the author's doctoral thesis.

Manuscript ontvangen 17 september 1965.

TENTOONSTELLINGEN E.D.

Fiarex 66

In 1966 wordt wederom een Fiarex georganiseerd en wel van 10 t/m 14 oktober 1966 in de Zuid- en Westhal van het R.A.I.-Gebouw te Amsterdam. Het bestuur van de Firato Radio Tentoonstelling heeft het tentoonstellingsprogramma als volgt vastgesteld:

a. onderdelen, halfgeleiders, buizen en geïntegreerde eenheden, alsmede bijbehorende eenvoudige elektronische beproevingsapparatuur;
b. professionele elektro-akoestische apparatuur;
c. hulpmiddelen.

Bovendien zal ten tijde van de Fiarex een symposium worden georganiseerd met als onderwerp: geïntegreerde schakelingen, waarin opgenomen een reeks lezingen over de actuele ontwikkelingen op dit gebied.

WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS

Technische Hogeschool Twente

Tot gewoon hoogleraar in de afdeling der elektrotechniek, om onderwijs te geven in de zuivere en toegepaste wiskunde, is benoemd *dr. ir. A. J. W. Duijvestijn*. Op 10 februari heeft hij zijn ambt aanvaard met het uitspreken van een rede, getiteld: Wiskunde en Computers.

Prof. Duijvestijn is geboren in 1927. Hij behaalde het diploma elektrotechnisch ingenieur aan de T.H. te Delft in 1950; slaagde in 1955 voor het doctoraal examen wis- en natuurkunde aan de G.U. te Amsterdam en promoveerde in 1962 aan de T.H. te Eindhoven tot doctor in de technische wetenschappen; de titel van het proefschrift luidde: „Electronic computation of squared rectangles"; promotor was prof. dr. C. J. Bouwkamp.

Hij was werkzaam bij de rekenafdeling van het Mathematisch Centrum en bij de rekenmachinegroep van het Natuurkundig Laboratorium der N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken; vervolgens had hij de leiding van de wetenschappelijke groep van het Rekencentrum der N.V. Philips en van de groep wiskundig onderzoek en programmering der N.V. Philips Computer Industrie.

Onze beste wensen mogen ons medelid vergezellen.

Technische Hogeschool Delft

Op 19 en 20 april 1966 zal Prof. Dr.-Ing. H. Marko, direkteur van het „Institut für Nachrichtentechnik" van de „Technische Hochschule" te München, een aantal gastcolleges geven in het gebouw van de Afdeling der Elektrotechniek van de Technische Hogeschool te Delft, Kanaalweg 2b.

Prof. Marko stelt zich voor over de volgende onderwerpen te spreken:

Dinsdag 19 april:
15.30—16.15 uur „Physikalische und biologische Grenzen der Informationsübermittlung"
16.30—17.15 uur „Die Theorie der subjektiven Information"

Woensdag 20 april:
15.30—16.15 uur „Probleme der Datenübertragung auf Telefonleitungen"
16.30—17.15 uur „Der Einfluss von Verzerrungen und Störungen auf die Sprachübertragung"

Allen, die voor deze lezingen belangstelling hebben, worden hierbij uitgenodigd op bovengenoemde data in het gebouw voor Elektrotechniek te Delft aanwezig te zijn.

NIEUWE PRODUKTEN

Nieuwe Philips buizen en transistoren

Een nieuwe d u b b e l t r i o d e, typenummer YL 1130, is bestemd voor hoogfrequent versterkers en frequentievermenigvuldigers. Deze buis is bruikbaar tot 500 MHz. De steilheid is 7 mA/V. De gloeispanning is slechts 1,1 V, de opwarmtijd slechts 0,5 sec. Daardoor is deze buis zeer geschikt voor gebruik in getransistoriseerde draagbare zendapparatuur.

Een p n p g e r m a n i u m t r a n s i s t o r in een TO-72 omhulling, typenummer AF 139, is geschikt voor zeer hoge frequenties, tot 800 MHz. De terugkoppelcapaciteit is zeer klein.

De t h y r a t r o n ZT 1011 is een met edelgas gevulde triode, die vooral bestemd is voor sturing van ignitrons. De maximale piekstroom bedraagt 30 A wanneer de anodespanning minder is dan 1,25 kV; de maximale gemiddelde stroom mag dan 2,5 A bedragen. De ZT 1011, die ook nog onder de type-aanduiding XR1-1600A voorkomt, kan als vervanger worden gebruikt van de PL 5684/C3JA. Als bijkomend voordeel geldt, dat de nieuwe buis 30 mm korter is.

De „v a r a c t o r" - d i o d e, type BAY 96, is een silicium epitaxiaal diode, die in de sperrichting een van de spanning afhankelijke capaciteit bezit; bij een spanning van 6 V en een frequentie van 1 MHz heeft deze capaciteit een waarde tussen 28 en 39 pF. Door de zeer hoge grensfrequentie is de BAY 96 zeer geschikt als frequentievermenigvuldiger bij frequenties tot 450 MHz. De diode is ondergebracht in een DO-4 omhulling en kan een vermogen van maximaal 20 W dissiperen.

Siemens M.P.V.-condensatoren

Siemens brengt een nieuw type condensatoren in de handel, met de aanduiding M.P.V.-condensatoren (metaal-papier-verliesarm). Deze zijn vervaardigd van gemetalliseerd papier en worden geleverd in hermetisch gesloten metalen bekers met door keramisch materiaal gevoerde aansluitingen. Als voordelen worden genoemd: dat ze zelfherstellend zijn, dat de afmetingen klein, het gewicht gering, de levensduur lang, de verliesfactor klein (tg δ tussen 0,5 en 3×10^{-3}) en de isolatieweerstand groot is. Ze worden geleverd voor maximale spanningen van 400, 630 en 1000 V, met capaciteitswaarden van 0,068 tot 10 μF, met verschillende toleranties, van $\pm$ 0,5% tot $\pm$ 10%.

Nieuwe Philips verplaatsingsopnemers

Voor verplaatsingsmetingen, waarbij het te meten object vrijwel niet mechanisch wordt belast, heeft Philips een nieuwe serie verplaatsingsopnemers in zijn programma opgenomen. Met deze opnemers, type PR 9314, kunnen in combinatie met een daartoe geschikt meetapparaat, zoals bv. de Philips meetbrug PT 1200, PR 9303 of PR 9304, elektronisch verplaatsingen worden gemeten in de volgende bereiken: $\pm$ 1 mm, $\pm$ 2 mm, $\pm$ 5 mm, $\pm$ 10 mm en $\pm$ 20 mm. In de gevoeligste stand van de rekmeetbrug PR 9303 komt bij de opnemer PR 9314/01 ($\pm$ 1 mm) één schaaldeel overeen met 0,02 micron.

Zowel statische als dynamische metingen kunnen met deze opnemers worden uitgevoerd. De frequentie bedraagt maximaal 1250 Hz; de maximale axiale versnelling mag 10 g zijn. Ook andere grootheden, die in een verplaatsing kunnen worden omgezet (druk, kracht, versnelling) kunnen met deze opnemers worden gemeten.

VARIA

Nederlands Elektrotechnisch Comité

De Stichting „Nederlands Elektrotechnisch Comité" (NEC), Netherlands national committee of the international electrotechnical commission, Polakweg 5, Rijswijk (Z.H.), heeft het jaarverslag 1964 gepubliceerd in de vorm van een boekje van 102 bladzijden.

Directe televisie-reportage via Early Bird

De goed geslaagde directe televisie-uitzending van de berging van de Gemini 7 capsule heeft zeer bijzondere technische voorzieningen vereist. De International Telephone and Telegraph Corporation (ITT), die nauw bij deze uitzending betrokken is geweest, deelt hierover o.a. het volgende mede.

De camera's bevonden zich aan boord van de kruiser „Wasp".

Aan dek stond een verplaatsbaar landstation, dat de taak had, de signalen per straalzender naar de Early Bird satelliet over te brengen. Het moeilijke was hier niet zozeer de omstandigheid, dat de satelliet zich vanaf de kruiser — gezien de enorme afstand — slechts als een snel bewegend stipje voordoet, maar dat een dergelijk landstation van huis-uit nu eenmaal geen zeebenen heeft. Het volgen van een satelliet vanaf de vaste grond stelt reeds hoge eisen, doch dit is nog kinderspel vergeleken met de voorzieningen, die nodig zijn indien de nauw-gebundelde straalzender opgesteld staat op een slingerend en stampend schip in volle zee. Hierbij komt nog, dat een dergelijke TV-transmissie ononderbroken door moet gaan; de zender mag de ontvangende satelliet geen ogenblik „loslaten", iets, dat bij de huidige telex-communicatie per satelliet wèl technisch toelaatbaar is.

De uitrusting aan boord van de kruiser is in staat een sturende satelliet te volgen met een snelheid van 6 graden per seconde. De richtantennes zijn daarbij in staat zo nodig een hoekversnelling van 5 graden per sec^2 te leveren. Ook indien de rol- en stampbewegingen van het schip bij die van de verplaatsing van de satelliet worden opgeteld, is de richtcapaciteit nog voldoende om een dergelijke satelliet onder de meest ongunstige condities te volgen.

Dit laatste is het geval, indien de satelliet vlak boven de horizon wordt „gezien". Ook dan is de installatie in staat aan de vereiste richtnauwkeurigheid van 0,1 graad te voldoen. Deze nauwkeurigheid kan worden gehandhaafd tot windsnelheden van 50 mijl per uur. Pas indien een storm 60 mijl per uur bereikt, moet de uitzending worden afgebroken. De antenne wordt dan in een positie gedraaid, waarin hij kan worden vastgezet, in welke toestand een windsnelheid van 120 mijl per uur zonder schade kan worden weerstaan.

De Early Bird heeft de uitzending feilloos doorgegeven, gelijktijdig naar het Amerikaanse kuststation Andover en — thans voor de eerste maal — direct naar het Eurovisienet. Het geheel is als een zeer geslaagde samenwerking te beschouwen tussen een grote verscheidenheid van organisaties en diensten: de ITT, de US-Navy, Comsat, de Amerikaanse National Aeronautics and Space Administration, de ABC, CBS, NBC en diverse Europese en andere TV-organisaties. De weg is thans gebaand voor het overbrengen van TV-beelden van praktisch elke plaats ter wereld naar welke plaats ter wereld ook. Belangrijke uitzendingen in deze geest zijn in de naaste toekomst te verwachten.

Snelle transatlantische nieuwsuitwisseling Londen-Parijs-Washington

Op vrijdag 28 januari werd tijdens een bijeenkomst van het Internationale Pers Telecommunicatie Comité in de „Newspaper Society" te Londen door Standard Telephones & Cables Ltd., de Britse ITT-vestiging, een demonstratie gegeven met hun GH 205 data communicatieapparatuur voor snelle informatie-overdracht via telefoonlijnen.

In de driehoeksverbinding tussen de „Washington Post", de

„Newspaper Society" in Londen en het Franse Persagentschap in Parijs werden via telefoonverbindingen teksten uitgewisseld met snelheden tot 1250 woorden per minuut, 18 maal zo snel als de snelheid van de telexapparatuur. Met deze demonstratie werd de leden van het Comité getoond hoe met de moderne elektronica een snellere internationale nieuwscommunicatie mogelijk is, waardoor tevens een meer economisch gebruik wordt gemaakt van dure internationale lijnen.

Bij de GH 205 apparatuur worden de berichten op dezelfde wijze als in het telexverkeer in ponsband vastgelegd, waardoor het mogelijk is de ponsband ook voor verdere lokale verzending via telexapparatuur te gebruiken.

De verbinding wordt met de telefoon tot stand gebracht, waarna de informatie met hoge snelheid door de GH 205 apparatuur wordt ingelezen en wordt omgezet in elektrische impulsen. Na de overdracht via de telefoonlijn worden deze pulsen aan de ontvangkant vastgelegd in een ponsband.

De GH 205 apparatuur zorgt tevens voor een geheel automatische foutendetectie èn correctie terwijl de ponsband welke aan de ontvangstzijde wordt geproduceerd een z.g. „clean copy" is van de invoerband. Dit betekent dat eventuele correcties van de overgedragen informatie vóór het ponsen plaats vinden. Aan de ontvangstzijde wordt de ponsband door een reproduceereenheid gelezen waardoor de informatie weer in leesbaar schrift wordt omgezet en/of via normale telexapparatuur doorgezonden naar plaatselijke kantoren.

BOEKAANKONDIGINGEN

Technische Mitteilungen Halbleiter en *Siemens Bauteile Informationen* zijn twee interessante door Siemens uitgegeven periodieken. In de eerste worden alle aspecten van de halfgeleidertechniek behandeld; de tweede geeft nieuwe ontwikkelingen en toepassingen op het gebied van elektronische bouwelementen. Geïnteresseerden kunnen een proefexemplaar aanvragen (Nederlandsche Siemens Maatschappij N.V., Postbus 1068, Den Haag) en desgewenst een of beide bladen regelmatig gratis ontvangen. Toezending kan uitsluitend aan het zakenadres geschieden.

Principles of aerial design, door H. Page. 172 blz., 96 fig., 6 platen. Uitg. Iliffe Books Ltd., London. 1966. Prijs 50 s.

UIT HET N.E.R.G.

Examencommissie

De datum van het schriftelijk examen Radiotechnicus (zie Nr. 2, pag. 59 van dit Tijdschrift) is gewijzigd in 18 april 1966. De overige data der examens blijven ongewijzigd.

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. A. S. T. Kruijf, Joh. Poststraat 64, Gouda.
Ir. F. J. Wassink, Wilgenplaslaan 212, Rotterdam-12.
H. Weyzig, Ing., Assendorperstraat 200, Zwolle.
Ir. P. van der Wurf, Van Leeuwenhoeksingel 28, Delft.

Nieuwe adressen van leden

Ir. H. H. Heeroma, Storm van 's-Gravesandeweg 39, Wassenaar.
Ir. C. A. G. Kloeck, Lange Heul 702, Bussum.
Dr. Ir. W. J. D. Steenaart, Secade Drive, Elnora, New York 12065, U.S.A.
Ir. J. A. Verhoef, c/o South African Philips (Pty) Ltd, P.O. Box 7703, Johannesburg, South Africa.
Ir. G. Verkroost, Boutenslaan 32, Eindhoven.
Ir. B. Visser, Bankastraat 93, Dordrecht.
Ir. J. A. G. G. de Vries, Beukenlaan 19, Leende (N.B.).

Dit nummer werd gedrukt op 4 april 1966.